

水源热泵在温室大棚温度调节中的应用

田丰果, 贺莹, 孙铁弓, 武淑娟

(贵州大学 机械工程学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 介绍水源热泵作为一种节能环保技术在温室大棚温度调节中的应用, 并设计了基于 PIC16F877A 单片机控制的水源热泵自动控制系统, 有效地把温室温度调节到植物生长的最适温度, 有利于植物的健康生长。

关键词: 水源热泵; 温室大棚; 温度调节; 节能环保

中图分类号: S 626.5 文献标识码: A 文章编号: 1001—0009(2008)12—0091—03

温度是果蔬等植物生长发育的最重要因素之一。当环境温度不符合果蔬生长发育所需的适宜温度时, 则会影响果蔬的健康生长, 特别是对反季节果蔬的培养而言, 温度就更显得尤为重要了。低温会降低果蔬叶片的光合速率, 延迟发育, 降低果蔬品质, 畸形果增多。遇到低温抑制生育时, 一般采取密闭果蔬温室, 靠烧煤或直接用电炉作为热源来提高室温。这样造成资源、能源的极大浪费而且烧煤会产生有害气体。而高温时, 会发生生育障碍, 在夜间低温、白天高温的情况下, 生育越发受到抑制。而且在高温下用一般方法如用排风扇等降温效果不佳。现把水源热泵系统应用到温室温度调节中, 大大改善温室的空调设备, 极大的节约能源和资源, 并易于根据果蔬生长的最佳温度对温室中的温度进行调节。

1 水源热泵

1.1 水源热泵的定义

水源热泵是以水为介质来提取能量实现制热和制冷的一个或一组系统。针对水源热泵机组, 就是通过消耗少量高品位能量, 将地表水中不可直接利用的低品位热量提取出来, 变成可以直接利用的高品位能源的装置。水源热泵的工作示意图如图 1 所示。水源热泵既是利用可再生能源的一种形式, 又是一种经济有效的节能技术, 其能量利用率要比空气源热泵高约 40%。水的比热容较大, 传热性能好, 因此热泵机组中换热器的尺寸较小, 而且不存在蒸发器表面结霜的问题。因此, 在容易获得温度较稳定水源的地方, 水是理想的冷热源。

1.2 水源热泵的节能原理

热泵工质的理想压缩循环是理论逆卡诺循环, 图 2 表示的是高温 T 与低温 T_0 两个恒温间的温熵图。面积 ABCD 代表净功输入功 W , 面积 CDEF 代表释放的能

量, 面积 ABFE 代表从低位热源吸取的热量。衡量热泵的性能指标是性能系数 COP (Coefficient of performance), 它的定义式为:

$$COP = \frac{\text{热泵输出的高温热量}}{\text{所输入的功}} \tag{1}.$$

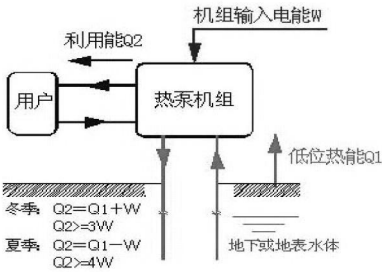


图 1 水源热泵的工作示意图

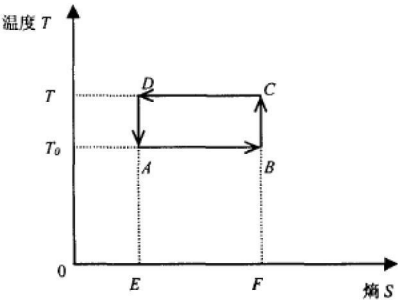


图 2 逆卡诺循环温熵图

热泵是通过消耗一部分高品质的能量从低温热源(如水, 空气, 土地等)转移到高温热源中的一种装置。转移到高温热源中的热量 Q_H 包括消耗掉的高品质电能 W 和从低温热源中吸收的热量 Q_L , 根据热力学第一定律, 有

$$Q_H = W + Q_L \tag{2},$$

(2)式两边同除以 W 则

$$\frac{Q_H}{W} = 1 + \frac{Q_L}{W} \tag{3}.$$

第一作者简介: 田丰果(1956-), 男, 重庆铜梁人, 副教授, 现从事发动机动力学方向研究工作。E-mail: fgtian@gzu.edu.cn.
收稿日期: 2008—07—21

式中 Q_H 为机组所获得的能量, 储存于高温热源中; W 为机组所消耗的电能; Q_L 为来自低温热源(如水、空气、土地等)中的热量, 这部分能量来自于大自然的馈赠。而性能系数 $COP = \frac{Q_H}{W}$ 代入(2)式, 即

$$COP = 1 + \frac{Q_H}{W} \quad (4).$$

COP 是与低温热源的热力参数相关的函数, 如对于空气源热泵而言, 其值随空气的温度、湿度等参数的改变而变化, 但无论如何变化, 由(4)式可知: 显然 COP 值恒大于 1, 经过严格测试及不同地区热泵的应用实例测算, 水源热泵制热的性能系数在 3.3~4.4 之间, 制冷的性能系数在 4.1~5.8 之间。而传统的靠消耗煤、石油、天然气以及用电制热, 制冷设备的效率是小于 1 的, 即热泵的制冷制热效率突破了传统设备的热效率极限 100%, 这就是热泵高效节能的热力学依据^[1]。

1.3 水源热泵系统制冷制热工作原理

地球表面浅层水源吸收了太阳进入地球的辐射能量, 这些水源的温度一般都十分稳定。水源热泵机组工作原理就是在夏季将建筑物中的热量转移到水源中, 由于水源温度低, 所以可以高效地带走热量, 而冬季, 则从水源中提取能量, 由热泵原理通过空气或水作为制冷剂提升温度后送到建筑物中。通常水源热泵消耗 1 kW 的能量, 用户可以得到 4 kW 以上的热量或冷量。水源热泵系统是由末端(室内空气处理末端等)系统、水源热泵系统和水源系统组成。图 3 是水源热泵的工作原理图^[3]。为用户供热时, 水源热泵系统从水源中提取低品位热能, 通过电能驱动的水源热泵系统主机(制热)“泵”送到高温热源, 以满足用户供热需求。为用户供冷时, 水源热泵系统将用户室内的热量通过水源热泵系统主机(制冷)转移到水源中, 以满足用户制冷需求。水源热泵根据对水源的利用方式的不同, 可以分为闭式系统和开式系统两种: 闭式系统需要构造地下埋管换热器或者地表水埋管换热器, 形成封闭的地源水循环系统, 向地下土壤或者地表水散热或者取热。开式系统的特点是抽取地下水或者地表水, 在板式换热器中与机组的循环工质进行热交换, 实现散热或取热后, 再回灌到地下或者河流。主要讨论开式系统。水源热泵无论是在制热还是制冷过程中均以水为热源和冷却介质, 即用切换工质回路来实现制热和制冷的运行。然而, 更为方便的是由水回路中的四通电磁换向阀来完成。

2 水源热泵电气控制系统设计

该电气控制系统是由 PIC16F877A 单片机作为控制器, 由五个温度传感器, 两个液体涡流流量计和两个压力控制器组成的检测系统; 以及被控对象(压缩机, 下水泵, 循环泵以及四通电磁换向阀等)组成。热泵系统的

主电路电气原理图^[3], 控制器电路原理图^[4], 电气控制电路原理图及温度传感器电路原理图^[5], 如图 4、5、6、7 所示。该水源热泵控制系统通过对有关热工参数自动进行调节和控制, 来满足预拟的工况, 同时实现对水源热泵机组各部件的保护, 保障机组的电气性能良好, 运行稳定可靠。

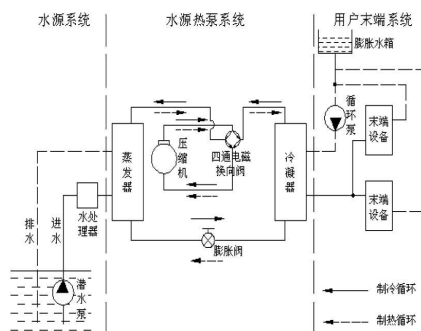


图3 水源热泵示意图

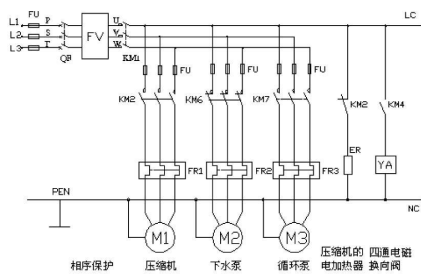


图4 主电路电气原理图

2.1 温室内的温度调节原理

以种植黄瓜为例, 黄瓜低于 12℃根系停止生长, 低于 5℃易受冻害。一般的管理的原则是: 保住最低温度, 限制最高温度, 延长最适温度。对于黄瓜最低温度应保持在 10℃以上。黄瓜最适温度 25~28℃, 最高不超过 35℃。其它蔬菜也与此类似。

据此, 设定温度范围在: 25~28℃。当温室内的温度 T 在 25~28℃范围内时, 单片机的各口均输出低电平, 热泵机组不工作; 当 T 低于 25℃时, 单片机的 RC0 口输出高电平, 发光二极管发光, 光敏三极管得光而导通, 中间继电器线圈 KA1 得电, 常开触点 KA1 闭合, 交流接触器线圈 KM1 得电, 其常开触点 KM1 闭合, 热泵机组通电, 下水泵通电运行, 加热器 ER 给压缩机预热。同时时间继电器线圈 KT1 得电, 延时 5 min(压缩机预热)后延时常开触点 KT1 闭合, 交流接触器线圈 KM2 得电, 其常开触点 KM2 闭合, 压缩机通电运行。同时循环泵通电运行。此时热泵机组工作制热直至室内温度回升至 25~28℃; 当 T 高于 28℃时, 单片机的 RC0 和 RC1 口输出高电平, 发光二极管发光, 光敏三极管得光而导通, 中间继电器线圈 KA1, KA2 得电, 常开触点 KA1, KA2 闭合, 四通电磁换向阀的电磁铁 YA 得电, 换

向, 热泵机组准备进入制冷工作状态。交流接触器线圈 KM1 得电, 其常开触点 KM1 闭合, 热泵机组通电, 下水泵通电运行, 加热器 ER 给压缩机预热。同时时间继电器线圈 KT1 得电, 延时 5 min(压缩机预热)后延时常开

触点 KT1 闭合, 交流接触器线圈 KM2 得电, 其常开触点 KM2 闭合, 压缩机通电运行。同时循环泵通电运行。热泵机组工作制冷直至温室内温度回落至 25~28℃。

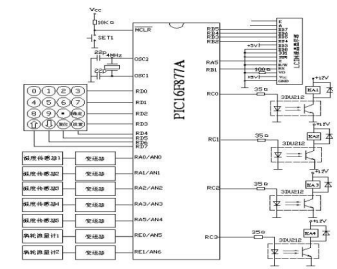


图5 控制器电路原理图

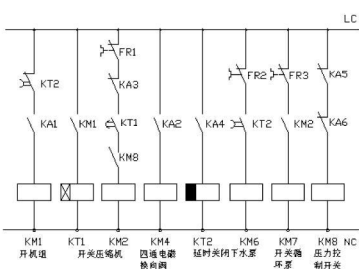


图6 电气控制电路原理图

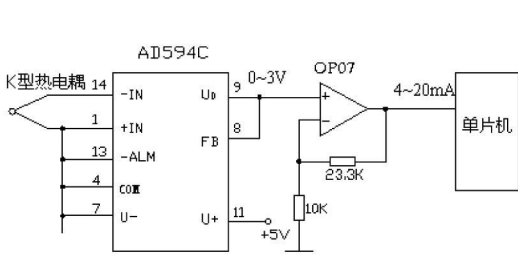


图7 温度传感器电路原理图

2.2 压缩机的保护设计

压缩机作为水源热泵的核心部件, 它的安全可靠对系统的正常运行起决定作用, 一旦机组工作参数出现异常将危及压缩机的安全, 因此, 在系统中设有压缩机相序保护, 通电保护, 预热保护, 压力保护, 水流保护, 温度保护等环节。当一些不良情况发生时, 立即中止压缩机运行并且单片机不会再自动启动热泵机组。

情况如表 1 所示。

4 结束语

水源热泵技术的优点主要有以下几点: 节能: 与电供暖相比减少 70% 以上的电力消耗。环保: 无废气、废水、废渣产生, 对环境无热效应产生。高效: 据美国环保署 EPA 估计, 设计安装良好的水源热泵, 平均来说可以节约用户 30%~40% 的供热制冷空调的运行费用。应用范围广: 可广泛的应用于宾馆、住宅小区的集中供热制冷, 以及室内种植和恒温养殖等行业上。实惠: 一套设备可供冷, 可供热, 其总投资额仅为传统空调系统的 60%。运行稳定、可靠, 维护方便。另外不存在空气源热泵的冬季除霜等难点问题, 所以维护方便, 使用寿命可长过 20 年以上。

表 1	不同供暖设备的比较		
	电暖器或电炉	燃煤取暖设备	水源热泵
能源价格	0.5 元/kWh	475 元/t	0.5 元/kWh
热效率值/%	100k	55	410
燃料热值	—	5 000 kWh/kg	—
运行费用	68.6 元/m ²	22.7 元/m ²	21.8 元/m ²
污染情况	无污染	污染严重	无污染

3 实际运行情况

该热泵系统于 2007 年 11 月在天津某郊区温室作物养殖场开始运行, 运行效果良好, 室内温度可以根据不同果蔬生长的最适温度进行调节, 达到了最初的设计目标。该果蔬温室建筑面积约 5 200 m², 该热泵系统运行 4 个月(冬季供暖季节), 耗电量总共 102 065 kWh, 运行费用约 21.8 元/m²(电费按 0.5 元/kWh 计), 而且清洁, 无污染。与传统供暖设施相比优势非常明显, 比较

参考文献

[1] 刘德彧. 水源热泵系统的综合研究与工程应用[D]. 北方工业大学学位论文, 2003.
[2] 蒋汉文. 热工学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
[3] 方承远. 工厂电气控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
[4] 陈国先. PIC 单片机原理及接口技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
[5] 王俊峰, 孟令启. 现代传感器应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

Water Source Heat Pump Applied to Thermoregulation of Greenhouse

TIAN Feng-guo, HE Ying, SUN Tie-gong, WU Shu-juan
(Mechanical Engineering and Automation College of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550003, China)

Abstract: As a technology of energy efficiency and environment protection, water source heat pump is applied to the thermoregulation of greenhouse and introduced in this paper. Designing Water Source Heat Pump automatism control system of based on the PIC16F877A microcomputer, effectively control temperature was the most propitious to vegetable growth.

Key words: Water source heat pump; Greenhouse; Temperature control; Energy efficiency and environment protection